

---

# **TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: Elektronické, informační a řídicí systémy

Návrh konstrukčního řešení typizované robotické buňky  
pro dispensing

The project of design concept of dispensing standardized  
robotic cell

## **Bakalářská práce**

|                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| Autor:            | <b>Daniel Kohout</b>        |
| Vedoucí práce:    | Ing. Miroslav Holada, Ph.D. |
| Konzultant práce: | Ing. Oldřich Dlouhý         |

**V Liberci 11. 5. 2011**

Sem vložit originální zadání

## **Prohlášení**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Miroslavu Holadovi, Ph.D. za užitečné rady a čas, který věnoval mé práci. Dále děkuji Ing. Oldřichu Dlouhému z firmy EXACTEC za poskytnutí Scara robota Janome a za poskytnutí informací o konstruování buněk pro roboty. Poděkování patří i Ing. Tomáši Chvojkovi, za rady při programování robota.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce popisuje konstrukční návrh dispensního pracovního stanoviště s programovatelným SCARA robotem JANOME JS. Je zde vyřešeno umístění robota v buňce, související dispensní technologie a dále pak rozložení řídicích a bezpečnostních komponent jako jsou světelné závory a ovládání robota. V první části jsou popsány typy SCARA robotů JANOME JS a možnosti jejich programování a použití v praxi. V druhé části je provedena rešerše dispensních systémů na našem trhu. Především je kladen důraz na výrobky firmy DAVtech, které jsou použity pro pracoviště řešené v této bakalářské práci. V třetí části je proveden vlastní konstrukční návrh buňky, jsou rozpracovány tři varianty stanovišť. První je s ručním zakládáním výrobku, druhé stanoviště je s kyvným stolem a třetí stanoviště pro práci v průběžné montážní lince s dopravníkem. V poslední části je popsán program v jazyce „JANOME JR C-points“ pro ovládání robota a celého stanoviště.

Klíčová slova: JANOME Scara robot, Teach pendant, bezpečnostní buňky pro roboty, dispensing, programování robotů

## **Abstract**

This thesis describes the construction design of dispensation work stations with programmable SCARA robot JANOME JS. There is a settled position in the robot cell, related dispersion technologies and the layout of control and safety components such as lighting bars and robot control. The first part describes the types JANOME JS SCARA robots, feasibility of their programming and their use in practice. In the second part there is background research of dispensation system on our market. Primarily are emphasised products of DAVtech company that will be used for the workplace addressed in this work. In the third part is made the own construction design of cells, there are elaborated three variants of workplaces. The first is the manual loading of product, the second point is swinging table and the third is workplace for the work in the interim assembly line with the conveyor. In last part is described program in the "JANOME JR C-Points" language for controlling the robot and the workplace as well.

Keywords: JANOME Scara robot, Teach pendant, security cells for robots, dispensing, robot programming

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| 1. Úvod .....  | 9  |
| 2. Roboty JANOME .....                                   | 10 |
| 2.1 Typy robotů JANOME .....                             | 10 |
| 2.1.1 JS SCARA Roboty .....                              | 10 |
| 2.1.2 JSR SCARA Roboty .....                             | 12 |
| 2.1.3 JR Desktop Roboty .....                            | 13 |
| 2.1.4 JP Elektrolisy .....                               | 14 |
| 3. Dispensní systém a výrobky firmy DAVtech .....        | 15 |
| 3.1 Dispensní systémy .....                              | 15 |
| 3.2 Firma DAVtech .....                                  | 15 |
| 3.2.1 Historie .....                                     | 15 |
| 3.2.2 Tlakové nádrže .....                               | 16 |
| 3.2.3 Tlakové pumpy .....                                | 17 |
| 3.2.4 Dávkovače .....                                    | 18 |
| 3.2.5 Dávkovací ventily .....                            | 19 |
| 4. Konstrukční návrh buňky .....                         | 23 |
| 4.1 Konstrukční 3D modelář - Inventor .....              | 23 |
| 4.2 Buňka pro ruční zakládání .....                      | 23 |
| 4.3 Buňka s otočným (kyvný) přípravkem .....             | 25 |
| 4.4 Buňka v průběžné montážní lince .....                | 25 |
| 5. Programování robota Scara Janome .....                | 27 |
| 5.1 Programování pomocí JR C-Points for Dispensing ..... | 27 |
| 5.2 Příklad programu JR C-Points for Dispensing .....    | 30 |
| 5.3 Programování pomocí Teach pendantu (TP) .....        | 32 |
| 5.4 Příklad - Paletkování .....                          | 33 |
| Závěr .....  | 36 |
| Příloha A – buňka s přípravkem pro ruční zakládání ..... | 38 |
| Příloha B – buňka s otočným (kyvným) přípravkem .....    | 39 |

|  |    |
|--|----|
| Příloha C – buňka pro práci v montážní lince .....         | 40 |
| Příloha D – příkazy pro programování JOBů .....            | 41 |
| Příloha E – příklad program v C-Points for Dispensing..... | 42 |
| Příloha F – Teaching pendant .....                         | 43 |
| Příloha G – Panel pro spouštění v automatickém módu.....   | 44 |
| Příloha H – přiložené CD .....                             | 45 |

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obr. 1 - JS 250 - 550 [1].....                    | 10 |
| Obr. 2 - JS 650-1000 [1].....                     | 11 |
| Obr. 3 - JSR 4400 SCARA [2].....                  | 12 |
| Obr. 4 - JR Desktop Robot [3] .....               | 13 |
| Obr. 5 - JP Elektrolis [4].....                   | 14 |
| Obr. 6 - Tlaková nádrž [5] .....                  | 16 |
| Obr. 7 - Tlaková pumpa [5] .....                  | 17 |
| Obr. 8 - DA1000 [6] .....                         | 18 |
| Obr. 9 - MZK [7].....                             | 19 |
| Obr. 10 - MZV [7].....                            | 19 |
| Obr. 11 - MZD [7].....                            | 20 |
| Obr. 12 - DAV 300 volumetrický ventil [7] .....   | 20 |
| Obr. 13 - DA 250 membránový ventil [7] .....      | 21 |
| Obr. 14 - DA 50 interní sprejový ventil [7] ..... | 21 |
| Obr. 15 - MZF [7] .....                           | 22 |
| Obr. 16 - Popsaná konstrukce buňky.....           | 23 |
| Obr. 17 - Kruhové rozmístění dopravníku [8] ..... | 26 |
| Obr. 18 - Načtení programu .....                  | 27 |
| Obr. 19 - Nastavení parametrů.....                | 28 |
| Obr. 20 - Default Program Data.....               | 28 |
| Obr. 21 - Výběr pohybu.....                       | 29 |
| Obr. 22 - Poit Job .....                          | 29 |
| Obr. 23 - Příklad 1 .....                         | 30 |
| Obr. 24 - Příklad 2 Paletkování.....              | 33 |



## 1. Úvod

Pod pojmem robot si můžeme představit stroj, který pracuje s určitou mírou samostatnosti, vykonává uživatelem předem navolené úkoly a to předem daným způsobem. Robot vnímá své okolí nejčastěji pomocí různých senzorů. Průmyslových robotů se dnes využívá v celé škále aplikací. Uplatnění naleznou především tam, kde je zájem o přesný pohyb a polohování a lidská paže by tyto úkony nedokázala provádět. Proto je možné na trhu najít velké množství druhů průmyslových robotů, přizpůsobených pro konkrétní aplikace. Jsou to například desktop roboty, SCARA roboty, portálové, šestiosé roboty a mnoho dalších. Robotů se využívá i pro dispensing, což je anglický výraz pro dávkování. Díky dispensním ventilům můžeme dávkovat celou škálu materiálů, jako jsou například silikony, mazací oleje, různé druhy lepidel, anaerobní tekutiny a rozpouštědla. Dávkovat můžeme bodově, v podobě stříkaných ploch nebo i v podobě vnitřního rozstříku. Dále pak lze vyplňovat a zalévat různé otvory. Do dispensního ventilu dostáváme kapalinu nejčastěji pomocí tlakových nádob, cartridge nebo různých pump. Každá technologie lze využít pro různé dispensní materiály.

## **2. Roboty JANOME**

### **2.1 Typy robotů JANOME**

Japonská firma JANOME nabízí SCARA roboty v řadě JS 250-550 a řadě JSR 4400, desktop roboty a dále pak JP elektrolisy. Dále budou tyto roboty detailněji popsány.

#### **2.1.1 JS SCARA Roboty**

##### **1) JS 250-550**



**Obr. 1 - JS 250 - 550 [1]**

SCARA robot je horizontální robot s kloubovou strukturou, která je přizpůsobena především pro práci ve vodorovném směru. Výhodou je však i vysoká tuhost i ve směru svislém. Tohoto robota charakterizuje relativně malý instalační prostor, který zajišťuje variabilitu při návrhu konkrétních robotických systémů. Další výhodou je pak snadná reinstalace na funkčně odlišný systém. SCARA roboty série 250-550 se vyrábějí v 3-osém (X, Y, Z) a 4-osém (X, Y, Z, R) provedení, které je velice efektivní při úkonech typu „seber a polož“ a také pro spojitý pohyb. Výrobce udává, že rameno tohoto SCARA robota unese při maximální délce 550 mm až 6 kg. Číslo u názvu JS 250-550 udává operační rádius v mm. Vyrábí se v řadách velikostí JS 250/350/450/550. Pohon os je realizován AC servomotorem. Rameno dosahuje i při velkých rychlostech vysoké

přesnosti polohování. JS SCARA robot je osazen konektory pro 14 kabelů a 4 přívody tlakového vzduchu. Robot se obsluhuje pomocí softwaru JR Points® PC nebo ručním programátorem TP. U 4-osého provedení je řízena i rotační osa, která snese poměrně vysoké zatížení momentem setrvačnosti. Dle výrobce je to  $0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  pro JS 250-550.

## 2) JS 650-1000



Obr. 2 - JS 650-1000 [1]

Tento SCARA robot řady JS 650-1000 se od řady JS 250-550 liší zejména mohutností konstrukce, operačním rádiem a také v možnosti zatížení ramene. Výrobce udává, že rameno lze zatížit až 20 kg a operační rádius má až 1 m. Vyšší je i možné zatížení rotační osy momentem setrvačnosti. Pro tento typ je to  $0,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ . Konstrukce je realizovaná dutým vřetenem pro kabeláž a hadice. Výhodou této tuhé konstrukce je, že dovoluje značné zatížení aplikačními nástroji při minimálním průhybu ramene. Dle výrobce při zatížení 4 kg je průhyb pouze 0,04 mm. Pohon je opět realizován AC servomotorem. Řízení tohoto SCARA robotu je opět možné pomocí JR Points® PC software nebo pomocí ručního programátoru TP, stejně jako u robotů z řady JS 250-550.

### 2.1.2 JSR SCARA Roboty



Obr. 3 - JSR 4400 SCARA [2]

Roboty řady JSR 4400 jsou také v dostání ve 3-osém a 4-osém provedení. Od JS SCARA robotů se liší konstrukcí a velikostí. Jedná se o robota s 2 pohyblivými rameny o délce 440 mm a nosnosti maximálně 5 kg. Jeho opakovaná přesnost je 0,02 mm nebo 0,02°. Roboty řady JSR jsou schopny díky kamerovým systémům rozlišovat různé polohy součástí a různě s nimi pracovat. To dovoluje SCARA robotům pracovat polo i plně automatizovaně. Dále je také možné utvořit celou síť JSR SCARA robotů, které jsou poté řízeny centrálním systémem. Tento robot je dodáván se specifickým softwarem, který je přizpůsoben pro následující typy činností: Pájení, šroubované spoje a dispensing. Menu obsahuje již některé přeprogramované operace, díky nimž je ovládání velmi jednoduché. Kapacita paměti je až 100 programů, pokud však použijeme PC lze uložit neomezené množství programů. JSR4400 SCARA robot je standardně osazen 25 vstupy a 24 výstupy s možností rozšíření na 32. Robot disponuje také dvěma porty COM pro komunikaci s PC softwarem nebo vision systémem. Provozní náklady tohoto robotu jsou velmi nízké díky efektivním elektrickým krokovým motorům, které mají příkon nižší než 200 VA.

### 2.1.3 JR Desktop Roboty



Obr. 4 - JR Desktop Robot [3]

Stolní, neboli desktop roboty nacházejí opravdu mnoho využití v praxi, od jednoduchých „seber a polož“ operací až po šroubování, pájení, dispensing a frézování. Robot se dokáže pohybovat přímočarým pohybem a pohybem po oblouku, který zajišťuje patentovaný 3D-control systém s přesností, kterou udává výrobce  $\pm 0,01$  mm. Ovládání je jednoduché a intuitivní, tudíž i jediný pracovník dokáže ovládat více robotů současně. Díky ochrannému krytu, lze tyto desktop roboty nasazovat i do nepříznivého průmyslového prostředí. Konstrukce splňuje normu třídy 100, což znamená, že všechny části robotu jsou kryty a povlakovány a spojovací díly a hřídele jsou nerezové. V programátoru jsou i zde přeprogramovány některé funkce, jako je například šroubování, pájení a dávkování. Vlastní programy lze vytvářet v dodávaném softwaru JR Points. Kapacita paměti je 255 programů nebo 30 000 bodů, které lze ještě navýšit voláním podprogramů a různých funkcí. Co se týká interface rozhraní, robot disponuje 16 vstupy a 16 výstupy s možností rozšíření o 8 vstupů a výstupů. Desktop robot dále obsahuje dva sériové porty COM, které umožňují komunikaci s PC softwarem, kamerovým systémem či dalším zařízením. Za další výhodu lze považovat přítomnost vestavěných PLC funkcí, které lze využívat nezávisle na robotu a využívají pouze některé z jeho vstupů a výstupů.

#### 2.1.4 JP Elektrolisy



Obr. 5 - JP Elektrolis [4]

JP Elektrolis se používá tam, kde je nutné zajistit kontrolovaný proces lisování a potřeba řídit parametry průběhu působících sil. Dále tento elektrolis umožňuje kontrolu pozice, tlaku, rychlosti lisování a také nastavení časových prodlev. Sledování celého procesu zajišťuje PC software, díky kterému můžeme sledovat názorné grafy zachycující přicházející data z elektrolisu. 32-bitový procesor a zpětná vazba z vestavěného enkodéru zajišťují 100% kontrolu a schopnost lisu provádět montážní a zkušební operace. JP elektrolisy Serie 4 jsou dle výrobce schopné pracovat s vysokou přesností  $\pm 1\%$  z maximální hodnoty daného modelu. Vysoce citlivý servomotor zajišťuje zdvih s přesností  $\pm 0,01\text{mm}$ . Snímače na elektrolisu lze naprogramovat tak, aby se proti sobě jdoucí pohyblivé části během stlačení setkaly v určeném místě. Hodnoty nastavení senzorů vychází ze zatížení, pozice a vzdálenosti lisu a dalších informací. Překročí-li se limit nastavení, elektrolis upozorní obsluhu a přesně určí, která snímaná hodnota byla překročena. JP elektrolisy se vyrábějí ve třech modelech a sedmi možnostech zatížení (1000N – 80kN). Modely se dělí na Stand-alone, což je samostatně stojící přístroj, Head typ, kde je hlava lisu určena pro usazení na pracovní desce a jako třetí Unit ty, což je stavebnicový modul určený pro montážní linky. Interface rozhraní lisu disponuje 17 vstupy a 16 výstupy. Tyto lisy nacházejí využití ve farmacii, potravinářském průmyslu, při výrobě polovodičů, lisování konektorů, montáži pevných disků, CD a DVD mechanik a mnoho dalších.

### **3. Dispensní systém a výrobky firmy DAVtech**

#### **3.1 Dispensní systémy**

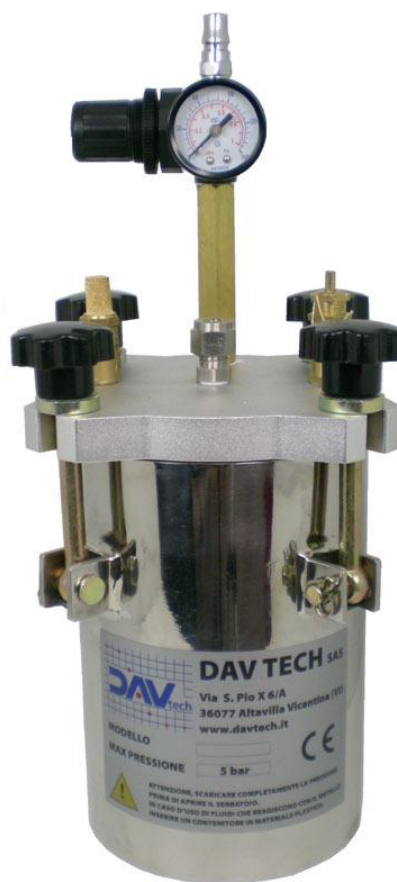
Dispensing je procedura nanášení přesných dávek na určitá místa. Jedná se například o nanášení silikonů, mazacích tuků, barev, lepidel, olejů, pájecích past a dalších. Další použití dispensing nachází při vyplňování a zalévání různých otvorů. Systémy dispensingu nejsou moc rozšířené, a proto jejich největší nevýhodou je špatná dostupnost a vysoká cena. Ve spojení s dispensingem se často používají desktop roboty, které jsou drahé, proto investice do dispensního systému není zanedbatelná. Je nutné se proto zamyslet, jestli by nebylo dostačující použít manuální technologii, která je levnější, ale její nevýhody jsou nižší přesnost a rychlost. Další nevýhodou je poté špatná integrace do sériové výroby.

#### **3.2 Firma DAVtech**

##### **3.2.1 Historie**

Firma DAVtech je italská firma, která se zabývá především dispensními systémy. Založení firmy je datováno 1970, ale největší zlom byl v roce 2002, kdy si firma začala sama vyrábět ventily a dispensery. Díky tomu má k dispozici kompletní návrhy ventilové techniky. V nabídce je řada 7 dávkovacích ventilů, které mají využití v celém spektru aplikací. Firma DAVtech nabízí podle potřeb zákazníka individuální návrhy dávkovací techniky. Největší a hlavní přednosti firmy jsou zaručená kvalita a dále pak schopnost řešení pro speciální aplikace vyrobit individuální návrh. Firma se také snaží mít nejnižší ceny na trhu v oboru.

### 3.2.2 Tlakové nádrže



Obr. 6 - Tlaková nádrž [5]

Tlaková nádrž od firmy DAVtech může být ocelová nebo z nerezové oceli. Její velikosti jsou od 250 cm<sup>3</sup> až do 10 litrů. Všechny nádrže mají maximální tlakový ventil, který má 3 nebo 6 barů. Na nádrži je tlakový nanometr, ale může na ní být umístěn i elektrický ukazatel nízké hladiny.

Princip tlakových nádrží pracuje na stlačování vaku s potřebnou tekutinou a jejím vytlačováním. Proto je potřeba průběžně doplňovat nádrže a kontrolovat tlak.

Velmi často se využívají dávkovače, které usměrňují tlak do dávkovacích ventilů. Jejich další důležitá funkce je, že při přerušení nebo zastavení dávkování nasají část tekutinu malým tlakem zpět. Díky tomu nedochází k odkapávání, a proto se nemusí řešit místa na odstranění zbytku tekutiny a pracoviště je celkově čistější.



### 3.2.3 Tlakové pumpy



Obr. 7 - Tlaková pumpa [5]

Tlakové pumpy od firmy DAVtech slouží k přivádění dispenzních materiálů přímo ze zásobníků. Tyto zásobníky mohou být plechové nebo plastické boxy od 1 do 200 kg. Většinou se používají pro tekutiny a pasty, například silikony. Pumpy mohou být s mono nebo s duo sloupky. Mono sloupová pumpa může vést jenom jednu tekutinu najednou. Zatímco duo sloupová pumpa má možnost vést dvě tekutiny a v poměru je míchat. Samotná konstrukce pumpy je z nerezové oceli, a pro snadnější manipulaci jsou na spodní straně připevněna kolečka.

Nevýhodou tlakových pump je, že nemají funkci zpětného nasátí tekutiny. Proto se často používají dávkovače, které jsou popsány dále.

### 3.2.4 Dávkovače



Obr. 8 - DA1000 [6]

Chytrý dávkovač DA1000 od firmy DAVtech má široké spektrum možností využití. Používá se přednostně u tlakových nádrží a pump, kde zajišťuje zpětné nasátí dispenzního materiálu a tím odstraňuje kapání. Dávkovač může být použit i v manuální výrobě nebo pro jednoduché strojní aplikace. Jeho výhodou je snadná instalace a obsluha. Na displeji se zobrazuje množství spotřebované tekutiny. Dávkovač DA1000 obsahuje funkci „Teach - in“ pro jednoduché nastavení dávkovaného množství. Výhodou je aktivace pomocí nožního pedálu nebo spínače v ruce. Další možností aktivace je zapojení externího senzoru.

### 3.2.5 Dávkovací ventily

Firma DAVtech má v nabídce 7 typů dávkovacích ventilů. První základní dávkovací ventil je MZK a MZV.

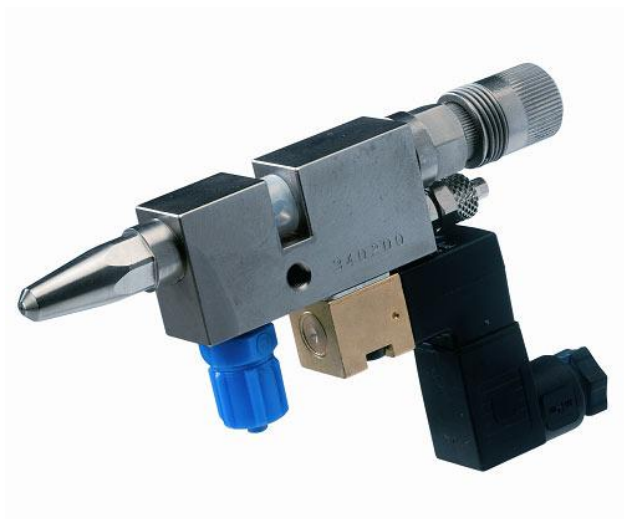


Obr. 9 - MZK [7]



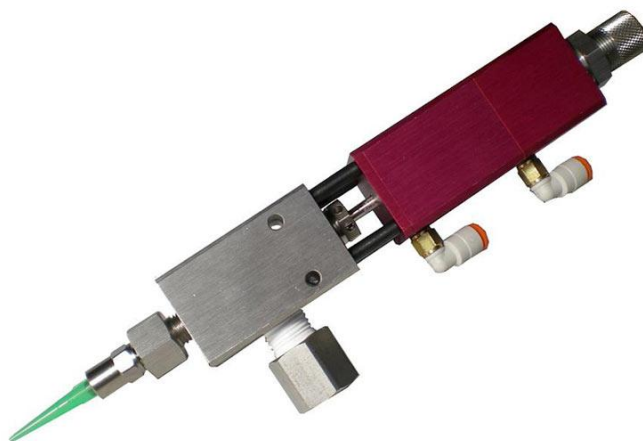
Obr. 10 - MZV [7]

Tyto dva modely se od sebe liší ovládáním zavírání a otvírání dávkovacího ventilu. U MZK (Obr.9) je ovládání realizováno elektromagnetickým ventilem, zatímco u MZV (Obr.10) je využito dvojčinného ovládání vzduchu. Nejčastěji se používají pro nanášení silikonů, mazacích tuků, barev, lepidel, olejů a pájecích past. Jedná se o univerzální modely, které se dají využít téměř v jakémkoli dispenzním systému. Pro nastavení množství dispenzního materiálu se využívá mikroskopického průchodu. Součásti ventilu (píst a sedlo) jsou vyrobeny ze slinutých karbidů, které zaručují vysokou odolnost a životnost. Další výhodou je využití standardního nářadí pro jednoduchou demontáž a opravy. Tyto modely dávkovacích ventilů se používají do 80 barů tlaku kapaliny. Jednou z hlavních předností těchto ventilů jsou různé druhy dávkovacích trysek, které je možné navrhnout i individuálně zákazníkovi na míru podle jeho potřeb.



**Obr. 11 - MZD [7]**

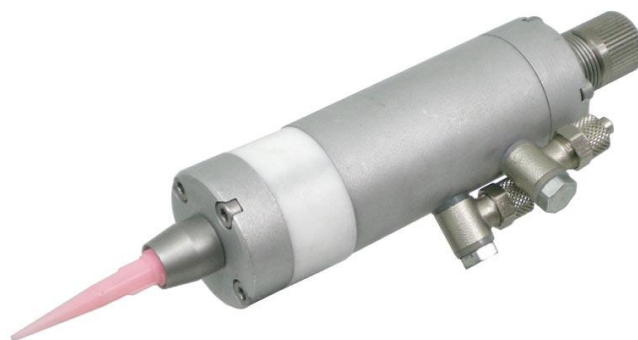
MZD (Obr.11) je nejkompaktnější ventil na trhu od firmy DAVtech. Jeho využití je obdobné jako u předchozích modelů (silikony, mazací tuky, barvy, lepidla, oleje, pájecí pasty). Tento model pracuje na bázi dvojčinného ovládání vzduchu. Dávkování se nastavuje stejně jako u předchozích modelů pomocí mikroskopického průchodu. Písty a sedla jsou vyrobena ze slinutých karbidů, díky kterým mají vysokou životnost. Další konstrukční vlastnosti má tento model stejné jako modely MZV a MZK - jednoduchá montáž i opravy díky standardnímu nářadí. Maximální tlak kapaliny může být 80 barů.



**Obr. 12 - DAV 300 volumetrický ventil [7]**

Další dávkovacím ventilem je model DAV 300 volumetrický ventil (Obr.12). Hlavní předností toho modelu je přesné opakované dávkování. Dokáže nanést opakovaně stejné množství dispenzního materiálu s přesností  $\pm 1-2\%$ . Množství

dávkovaného materiálu je nastavováno pomocí mikroskopického šroubku, který určuje rozsahy mezi 0,010 - 0,145 ml. Tento model má rozdílné uspořádání součástí než předchozí modely. Nad komorou s dávkovacím materiálem je umístěn vzduchový válec. Tento vzduchový válec je vyroben ze slitiny uhlíku. Dávkovací komora je vyrobena z nerezové oceli. Maximální tlak dávkovaného materiálu může být 20 barů.



**Obr. 13 - DA 250 membránový ventil [7]**

DA 250 membránový ventil (Obr.13) je určený pro dávkování aerobních a kyanoakrylátových materiálů. Jeho důmyslná konstrukce obsahuje speciální membránu zamezující polymerizaci uvnitř ventilu. Konstrukce ventilu je osazena Luer-lock (upínací prvek se zajištěním) pro použití plastových nebo teflonových trysek. Maximálně přesné a bezpečné dávkování je docíleno pomocí dvojčinného ovládání vzduchu, díky kterému se ventil zavírá nebo otevírá. Tento model dále vyniká jednoduchou údržbou a demontováním během několika sekund.



**Obr. 14 - DA 50 interní sprejový ventil [7]**

DA 50 interní sprejový ventil (Obr.14) je odlišný od ostatních zatím představených ventilů. Tento model se používá pro vnitřní nanášení (např. proužku barvy po obvodu 360°). Konstrukce je navržena tak, aby nedocházelo k ukápnutí materiálu na dno, a to díky speciální trysce na rozstřík. Proto nevzniká kontaminace pracovního prostoru mlhou. Mechanismus otevírání a zavírání ventilu je realizován čistě pneumaticky a neobsahuje žádné elektromotory. Díky tomu nemá ventil žádnou prodlevu. Tento model má 3 základní délky výstupní trysky - 15 mm, 30 mm a 45 mm. Pro určení dávkovaného množství materiálu se používá mikroskopické nastavení pístu. Písty a sedla jsou vyrobeny ze slinutých karbidů, díky kterým mají vysokou životnost.



**Obr. 15 - MZF [7]**

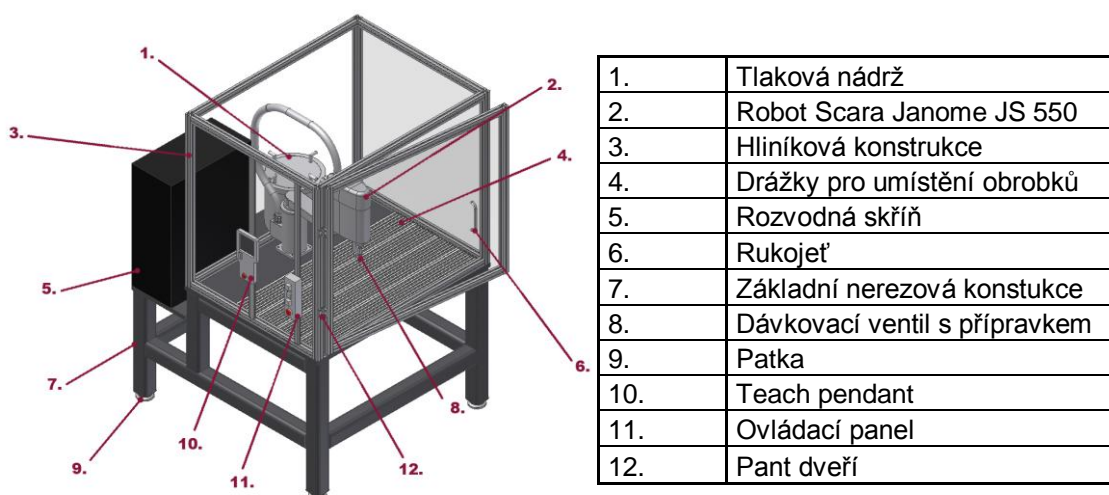
MZF ventil (Obr.15) se využívá pro sprejování malého množství oleje, barvy a ostatních kapalin. Nástřiky kulatého nebo elipsového tvaru mají rozměry od 4 mm do 20 mm. Lze však docílit různých tvarů, které jsou v kuželové trysce, podle potřeby zákazníků. Ovládání ventilu je dvojčinné pomocí mikrometrické regulace. Tento model je velmi kompaktní a vyniká jednoduchou údržbou.

## 4. Konstrukční návrh buňky

### 4.1 Konstrukční 3D modelář - Inventor

Inventor je 3D modelář pro kreslení strojních součástí. Jedná se program firmy Autodesk, proto je možné převádět výkresy z prostředí AutoCad. Základním postupem při modelování součásti je vytvoření skici (náčrtu), ve které se nakreslí součást v 2D. Nakreslí se základní tvar, který se okótuje, a díky tomu získáme přesný rozměr. Jedná se o jinou topologii než u rýsování v AutoCadu, kde se přímo při kreslení čáry nastavují a kóty jsou jen informační. Po nakreslení tvaru se dokončí náčrt a vytvoří se 3D model. Nejčastěji se používá příkaz Vysunutí. Jelikož většinou nejde celý model nakreslit jen z jedné skici, je možné vytvářet více skic, které se kreslí na nebo přes sebe. Tento způsob je základní pro kreslení součástí. Dále je možné skládat sestavy z takto vymodelovaných součástí. Existují i připravené knihovny součástí. Spousta modelů se dá najít na internetu, kde firmy propagují své výrobky. K těmto výrobkům mají modely přímo vytvořené a jsou nabízeny ke stažení. V Inventoru je možné otevřít celou škálu typů modelů, které byly nakresleny v jiných CAD modelářích (společný formát STEP). Dalšími 3D modeláři jsou například SolidWorks, Pro Engineer, Catia, SurfCAM, atd. Ve většině CAD systémech se modeluje obdobným způsobem.

### 4.2 Buňka pro ruční zakládání



Obr. 16 - Popsaná konstrukce buňky

Pro tento schématický návrh buňky byl použit robot Janome Scara JS 550. Celá konstrukce je postavena na čtyřech nohou, které jsou spolu navzájem propojené

zpevňujícími vazbami. Celá buňka má velikost  $1,2\text{ m} \times 1,2\text{ m} \times 2\text{ m}$ . Konstrukce spodní části je z dutých nerezových svařovaných profilů s čtvercovým průřezem od firmy Ferona (ČSN EN 10219-2). Na nohou jsou přišroubovány podložky (patky) pro nastavení výšky, aby bylo možné vyrovnat celou buňku. Patky pod buňkou jsou standardní od firmy Alváris (Patka 80), od které jsou všechny hliníkové profily. Spodní konstrukce je rozvržena na dvě pracovní oblasti. První oblast zezadu robota je pro jeho příslušenství, například rozvodná skříň pro elektroniku (firma Rittal – Skříň EX), tlaková nádrž a tlaková pumpa. V rozvodné skřini pro elektroniku je umístěn kontrolní box robota a všechna další elektronika pro funkčnost dispenzního systému. Samotná tlaková nádoba je umístěna vedle skříně z důvodu snadného doplňování. Tento pracovní prostor je ve výšce 50 cm nad zemí. Na dvou základních nohách je připevněn nerezový plech o síle 10 mm. Rozměr zadní části je  $1,2\text{ m} \times 0,2\text{ m}$ . Hlavní pracovní oblast je v normované výšce 70 cm, kde je ideálně přístupná pro práci. Jelikož se jedná o plochu, kde je umístěn robot, je důležité i vyztužení plechu. Jedná se o jeden z nerezových profilů umístěného na středu plechu. Díky tomu by při maximálním výkonu robota nemělo docházet k jakýmkoli nežádoucím pohybům. Tato vrchní deska je stejná, jako je použita v zadní části buňky a to o tloušťce 10 mm. Hlavní pracovní plocha má rozměr  $1,2\text{ m} \times 1\text{ m}$ . Nad tímto prostorem je z hliníkových profilů vytvořena buňka, ve které se nachází samotný robot. Hliníkové profily jsou použity z profilové řady 8 od firmy Alváris. Hlavní části jsou z profilů  $40 \times 40$ . Další části jsou použity z příslušenství řady 8. Jedná se o rukojeť 180 Al., závěsné panty (Závěs 8 30PA), samořezný šroub M7,1 a profil  $160 \times 16$ . Rukojeť je přilepena přímo na plexisklo dveří. Panty jsou umístěny na levé straně a to přímo do hlavních hliníkových profilů. Upevnění je realizováno pomocí samořezných šroubů M7,1. Poslední použitou součástí je profil  $160 \times 16$ . Slouží jako drážky pro uchycení výrobků. Z těchto hliníkových profilů je vytvořena celá řada drážek, kde se pomocí tzv. „kamenů“ součástka zajistí. Další díly jsou na levé straně buňky a jedná se o části, na kterých je upevněn teaching pendat a důležitý central stop. Poslední znázorněná část na obrázku je dávkovací ventil a jeho pomocný přípravek k uchycení na válcovou upínací hlavici. Díky tomuto přípravku je možné upevnit různé typy dávkovacích pistolí a natáčet je do různých poloh. Schematický návrh je umístěn v příloze (Příloha A).



### 4.3 Buňka s otočným (kyvný) přípravkem

Pro tento schématický návrh byl použit robot Janome Scara JS 450. Jako u předchozího návrhu, je i tato buňka upevněna na svařené konstrukci. Tato buňka má opět dvě pracovní oblasti. V první oblasti za robotem je umístěna rozvodná skříň s elektrickými komponenty, control box a nádrž pro dispensing. Jediný rozdíl od předchozí verze je ve velikosti buňky a vstupu do pracovní oblasti robota. Rozměr celé buňky je  $0,8\text{ m} \times 1\text{ m} \times 2\text{ m}$ . Buňka nemusí být tak široká, jelikož pracovní rádius robota je menší. Délka je přizpůsobena tak, aby měl robot dosah co nejvíce ke středu otočného stolu. Samotný otočný stůl je řešen kyvný přípravkem od firmy Afag. Jedná se o díl Rotary module CR 32, který má dvě základní polohy, které se po aktivaci vzduchu otočí o  $180^\circ$ . Hmotnost tohoto přípravku je 5,3 kg, točivý moment je 13,5 Nm a přesnosti natočení je udávána  $\pm 0,05^\circ$ . Na tomto díle je umístěna deska s drážkami pro usazení šroubů nebo kamenů. Díky otáčecímu mechanismu a zavírání dveří je možné, aby obsluha během doby, kdy robot pracuje na jedné straně, připravila výrobek na straně druhé. Zavírání dveří je prováděno posuvnými vertikálními dveřmi. Pohyb nahoru a dolů je zajištěn kolečky. Celá konstrukce dveří je z hliníkových profilů, které jsou použity na celou horní část buňky. Kolečka firmy Alváris jsou z příslušenství řady 8 (Kladka PA). Zajištění samotného pohybu je realizováno západkou. Další možností by bylo použití pneumatického pístu. Nedochozí k časovým ztrátám a robot je efektivněji využit. Toto je hlavní výhoda tohoto řešení. Schematický návrh je umístěn v příloze (Příloha B)

### 4.4 Buňka v průběžné montážní lince

Toto stanoviště bylo vytvořeno pro robota Janome Scara JS 350. Tento robot má nejmenší pracovní rozsah a od toho se také odvíjí velikost buňky, která je  $1\text{ m} \times 0,8\text{ m} \times 2\text{ m}$ . Základní konstrukce je stejná jako u ostatních modelů buněk. U této buňky není Teach pendant, jelikož většina práce na montážní lince se programuje přes počítač. Na buňce je umístěn panel pro spouštění v automatickém módu s Central Stopem (Příloha G). Další rozdíl od ostatních stanovišť je v řešení odvětrání. Jedná se o stropní trubici na odvádění nebezpečného vzduchu. Dalším rozdílem od ostatních buněk je přístup do pracovního prostoru robota, který je zcela uzavřený. Při případném servisu je proto nutné odstranit část přední konstrukce, rozebrat a odejmout přední plexisklo. Další

přístupy jsou na bocích buňky, které slouží pro vstup a výstup paletek s obrobky. Paletka zajede dovnitř buňky a zastaví, aby robot mohl pracovat na dané součásti. Poté se aktivují světelné zábrany od firmy Omron (F3S-TGR-CL). Před začátkem práce robot ověří, jestli světelné spojení mezi nimi není přerušeno. Pokud by bylo přerušeno, robot nespustí pracovní postup. Pokud se během práce robota přeruší tyto závory, dojde okamžitě k zastavení robota. Po ukončení práce robot najede do domovské pozice, světelné závory se deaktivují a paletka může odjet. Tyto bezpečnostní prvky se dají řídit přímo přes vstupy kontrol boxu, nebo je možné propojit kontrol box s nadřazeným PLC. V tomto návrhu je použit dopravník od firmy Afag. Jedná se o jednoduchý dopravník s paletkovým systémem. Pokud je paletka na určeném místě, mírně se zvedne a dojde k omezení jakéhokoliv jejího pohybu. Po odblokování klesne a pokračuje dál po dráze dopravníku. Tyto dopravníky se využívají především v kruhovém rozmístění (Obr.17). Jednotlivá pracoviště jsou rozmístěná po obvodu celého kruhu. Tím je šetřena pracovní plocha. Samozřejmě je možné použít klasický typ jednoho dlouhého pásu. Při potřebě více pracovišť je problém s místem. Výhodou těchto dopravníků je jejich snadná konstrukce a snadná demontáž.



**Obr. 17 - Kruhové rozmístění dopravníku [8]**

## 5. Programování robota Scara Janome

Programování robotů se provádí dvěma různými způsoby. Rozdíl je jen, kde se programování provádí, jestli na robotu a na jeho Teach pendantu, nebo na počítači v programovacím studiu. Programování na počítači se provádí ve vývojovém prostředí JR C-points. Tento program má již od výrobce několik základních variant. První je pro standardní programování, kde nejsou předdefinovány vstupy a výstupy ani práce s nimi. Další varianta je verze pro dispensing. Tato varianta programu je stejná jako standard, s tím rozdílem že robot je již přednastavený pro dispensing. Díky tomu se nemusí dodělovat všechna nastavení, ale pouze se zadává, kdy začít a kdy skončit nanášením. Další varianty programu jsou jen takto rozšířené.

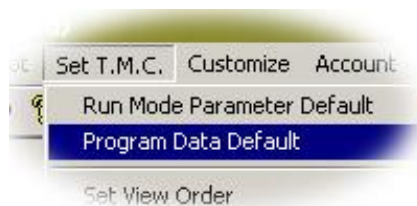
### 5.1 Programování pomocí JR C-Points for Dispensing

Při spuštění programovacího studia se vybírá z možností, jaký robot se bude programovat. Takto se vytvoří virtuální robot v počítači, který se programuje. Největší nevýhodou je nemožnost simulace programu na počítači. Je nutné ho nahrát do paměti robota. Načtením se založí nový program a to pomocí *Program - Add program* (Obr.18).



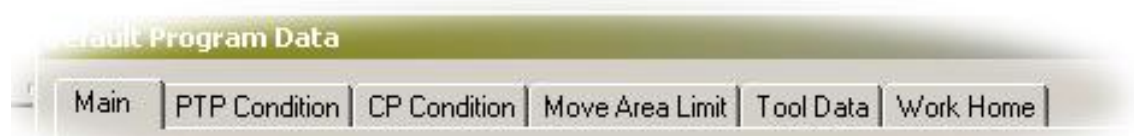
Obr. 18 - Načtení programu

Robot má paměť pouze na 255 programů. Toto platí i pro robota ve virtuální podobě. Pokud by bylo potřeba používat více programů, bylo by nutné vytvořit v počítači dupliku robota. Před samotným programováním je důležité nastavit rychlosti servopohonů a provést další nastavení.



**Obr. 19 - Nastavení parametrů**

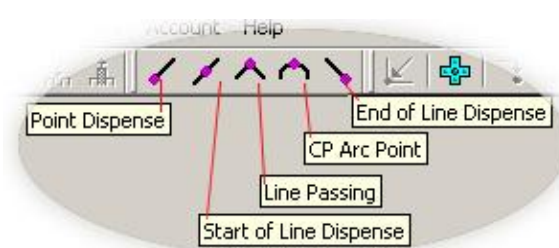
Toto nastavení se provede v *Set T.M.C - Program Data Default* (Obr.19). Tyto parametry není nutné po nahrání programu do robota opět nastavovat.



**Obr. 20 - Default Program Data**

V tomto menu je k dispozici celá řada záložek. V *Main* lze nastavit, jak má robot dopočítávat pohyby. Standardní je využití dopočítávání absolutně k základnímu bodu, ale je možné body dopočítávat relativně (přírůstkově), nebo posunutím základního bodu. Dále je možné zde najít, v jakém cyklu bude program pracovat. Rozlišují se dvě možnosti a to jestli se bude jednat o průběžnou práci nebo o práci v jednom odděleném cyklu. Další záložkou je *PTP Condition*, ve které se provádí nastavení rychlostí serv při použití PTP (Point To Point). Rychlosti se nastavují v procentech z maximálního posuvu serva. Také se zde nachází, v jakých rozsazích se pohybovat v ose z (nahoru, dolů), a jak tento pohyb dopočítávat. Dalším odkazem je *CP Condition*, který slouží podobně jako PTP Condition, pro nastavení rychlostí serv, v tomto případě pro CP pohyb. Tento pohyb je rozdělen na rychlost rotace a zrychlení a na rychlosti najetí do počátku CP programu. Opět je udáváno v procentech z maximálního posuvu. V další záložce *Move Area Limit* je nastavení rozsahu pohybu robota. Nastavení je pro všechny rotační serva i posuv. Tímto se dá nadefinovat program při omezeném prostoru robota. Základní nastavení je pro první osu. J1 je od  $-130^{\circ}$  do  $130^{\circ}$ , jelikož jsou zde bezpečnostní záložky, aby robot nenarazil sám do sebe. V ose J2 je tento rozsah vyšší a to od  $-150^{\circ}$  do  $150^{\circ}$ . Základní nastavení pro posuv v ose J3 je do  $-150$  mm. V poslední rotační ose J4, na které je umístěn nástroj, není žádné omezení. V pořadí pátá záložka

*Tool Data* slouží k nastavení nástroje. Zadává se zde hmotnost nástroje, aby byly zajištěny správné posuvy v osách, a aby byl správně umístěn pracovní bod. Dopočítávání se provádí od poslední osy J4. Poslední záložka je nastavení *Work Home*. Domovská pozice robota je odkud robot vyjíždí a kde končí. V tomto bodu se také provádí servis a výměna nástroje, ale není to nutné. Tento bod se nastavuje absolutně od paty robota a většinou se umístí tak, aby byl robot nasměrován dopředu nebo na jednu ze stran. Typ tohoto bodu je veden jako TPT, proto od poslední operace do tohoto bodu robot najíždí přímo. Po důkladném nastavení robota a prostředí začíná samotné programování. Máme na výběr z několika druhů pohybu a to *Point Dispense*, *Start of Line Dispense*, *Line Dispense*, *Line Passing*, *CP Arc Point* a *End of Line Dispense* (Obr.21).



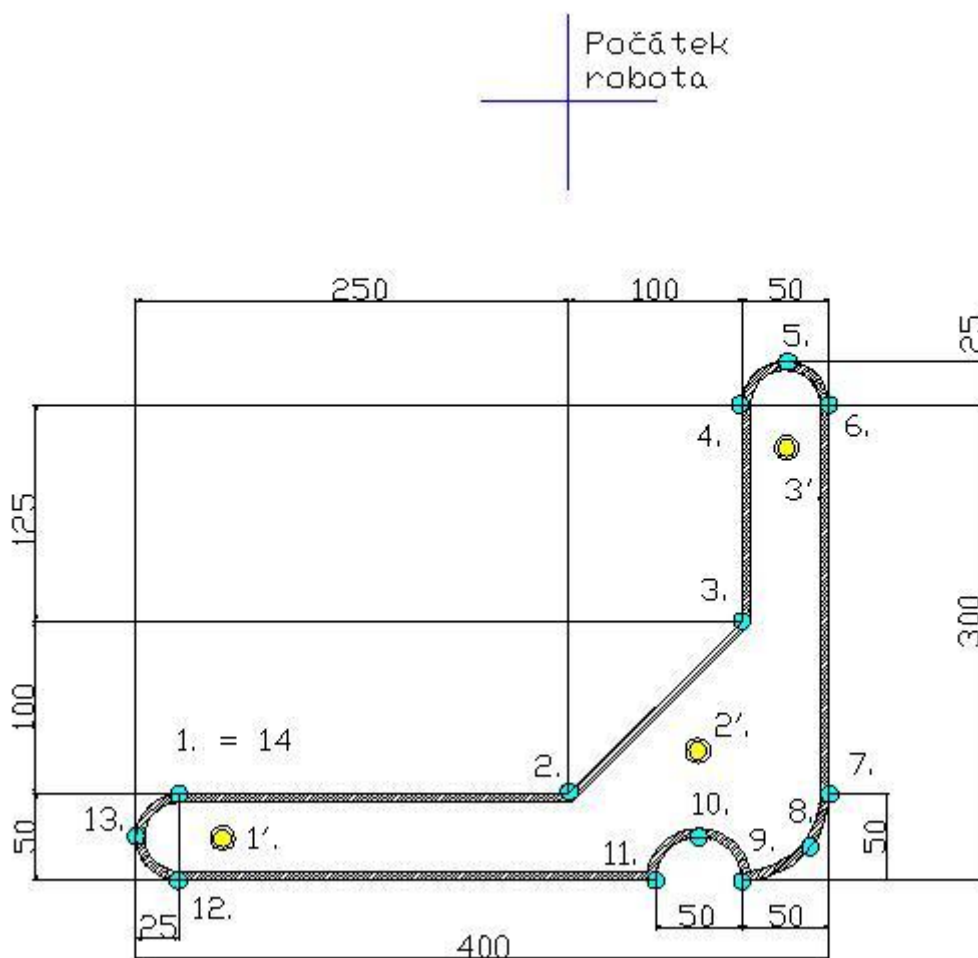
**Obr. 21 - Výběr pohybu**

První pohyb funguje na principu PTP (Point to Point). Robot najede nad bod, vykoná pohyb směrem dolů, provede určitou práci a vykoná pohyb nahoru na výchozí pozici. Další příkazy jsou na principu CP (Continuous Path). Většina pohybu se provádí pohybem po kružnici. K tomu se používá *CP Arc Point*, při kterém program sám dopočítává trajektorii. Je nutné k Arc Point zadat ještě dva pomocné body (CP Start Point a CP Stop Point), odkud kam má trajektorie být. Toto řešení se nazývá kružnice třemi body. Aby vůbec k dispensingu došlo, je nutné před celý příkazový řetězec zadat *Start of Line Dispense*. Tím se spouští samotný dispensing. Pokud se jedná pouze o pohyb po přímce, využívá se příkaz *Line Passing*. Zadáním *End of Line Dispense* se procedura dispensingu přeruší nebo se úplně zastaví.



**Obr. 22 - Point Job**

## 5.2 Příklad programu JR C-Points for Dispensing



### Obr. 23 - Příklad 1

Před samotným řešením příkladu na obrázku (Obr.23) je nutné provést nejdříve přípravu a teoretický rozbor. Důležité je uvědomit si, jak bude robot nad objekt najíždět a kde bude objekt ležet. Je nutné se rozhodnout, zda je lepší použít jen jednostranně orientované najetí nebo postupně měnit pozice robotu. Pro tento konkrétní případ, kdy je součást umístěna před robotem, je využito jen jednostranné natočení robota a to v celém programu do pravoramenného natočení. Před programováním je nutné dopočítat nájezdy robota (Tabulka 1)

| CP | X     | Y   | Z   |
|----|-------|-----|-----|
| 1  | -200  | 400 | -50 |
| 2  | 0     | 400 | -50 |
| 3  | 100   | 300 | -50 |
| 4  | 100   | 200 | -50 |
| 5  | 125   | 150 | -50 |
| 6  | 150   | 200 | -50 |
| 7  | 150   | 350 | -50 |
| 8  | 143,3 | 375 | -50 |
| 9  | 100   | 450 | -50 |
| 10 | 50    | 400 | -50 |
| 11 | 0     | 450 | -50 |
| 12 | -200  | 450 | -50 |
| 13 | -250  | 400 | -50 |
| 14 | -200  | 400 | -50 |

//ACR body

5,8,10,13

| PTP | X    | Y   | Z    |
|-----|------|-----|------|
| 1'  | -100 | 425 | -100 |
| 2'  | 50   | 375 | -80  |
| 3'  | 125  | 200 | -70  |

**Tabulka 1 - Nájezdy robota**

Díky tabulce známe přesné hodnoty bodů robota. Nejdříve se řeší CP body. Bod 1 je výchozí. Zde se začíná s dispensingem. V tomto bodě se použije příkaz *Start of Line Dispens*. Poté se využije příkazů *Line Passing* a to pro body 2 a 3. Od bodu 4 až do bodu 6 se řeší pohyb po kružnici. V bodě 4 je proto začátek dopočítávací procedury a to příkazem *CP Start Point*. Další krok je až v bodě 6 a to, kde pohyb bude končit. Toto je řešeno příkazem *CP Stop Point*. Prostřední bod, za pomoci kterého robot dopočítává trajektorii, se nastaví příkazem *CP Arc Point*. Nejdříve se tedy udává počáteční bod, poté koncový a až jako poslední se udává průchozí bod. V bodě 7 je pouze pohyb po

přímce, odkud ale začíná již další pohyb po kružnici. Proto se nevyužívá *Line Passing*, ale *CP Start Point*. Pokud se jedná o pohyb mezi dvěma body bez nastavení zdvihu, jedná se o pohyb po přímce. Další pohyb po kružnici se řeší stejně jako předchozí. Zadáním počátku, konce a hodnoty průběžné. Na tento pohyb po kružnici navazuje další pohyb po kružnici. Proto se bod 8 musí nadefinovat dvakrát. Jednou pro koncovou polohu kružnice v rohu a jednou pro počáteční hodnotu kružnice zakousle do výrobku. Další postup je již obdobný. Z bodu 11 do bodu 12 se robot posune bez problému po přímce. Z tohoto bodu do bodu 14 postupuje stejným způsobem, jako u všech pohybů po kružnici. Poslední 14. bod je stejný jako první výchozí bod. Po celém obvodu přípravku je tak nanесena vrstva dispenzního materiálu. Proto v posledním bodě je nutné pomocí příkazu *End of Line Dispense* ukončit dispensing. Posledním úkolem je pomocí PTP bodů dávkovat v určitých bodech. V tabulce (Tabulka 1) se nachází body a jejich souřadnice. Do těchto bodů se dostaneme použitím příkazů *Point Dispense*.

### 5.3 Programování pomocí Teach pendantu (TP)

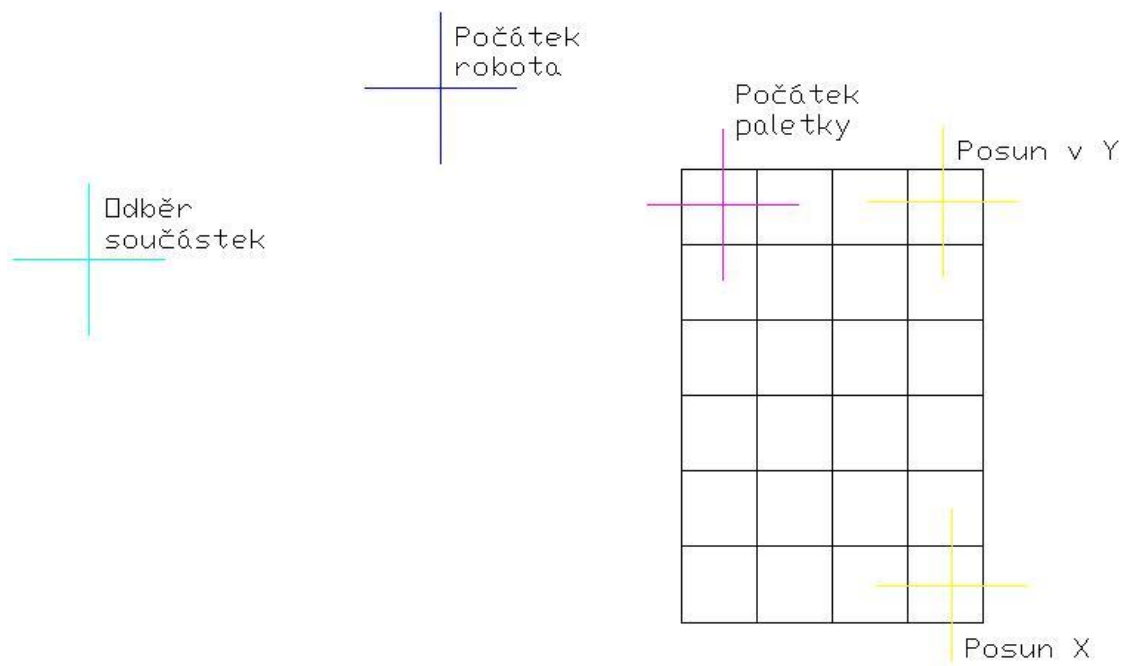
Před samotným programováním robota přes TP, je nutné nastavit na Control Boxu, za pomoci klíčku, robota do Teaching modu. Rychlosti pohybu jsou jen 10% oproti maximální rychlosti serv. Další mód, který robot má, je určen pro výrobu, kdy se ovládání (spouštění programu) provádí jednodušším panelem (viz. Příloha G). Na panelu jsou jen tlačítka na nastavení čísla programu, spuštění pohonů robota, spouštění programu a *Central Stop*. Toto nejdůležitější tlačítko zastaví celý program a uvolní serva robota, aby se jimi dalo hýbat. Jediná výjimka je pohyb v ose Z, který je nutné zajistit, aby nedošlo k uvolnění nástroje a jeho pádu. Třetí mód robota je pro simulaci programu, ale ve 100% rychlosti.

Programování na Teach pendatu se musí provádět přímo u robota samotného. Při tomto programování je vidět, jak se robot na určité body dostane. Důležité klávesy pro pohyb za pomoci TP jsou klávesy *Cursors* ← ↑ → ↓. Další pomocné klávesy jsou *F0 – F4*. Jedná se o klávesy, které nemají předdefinovanou funkci, ale vždy se zobrazí na displeji, co se při stisku provede. Pomocí *PRG.NO* se zakládají a upravují programy. Je k dispozici 100 pozic pro uložení programů. Jedno z nejdůležitějších klávesa je *Menu*, ve kterém se pojmenuje vybraný program. Definují se zde dále polohy a rychlosti jakými robot přistupuje do jednotlivých bodů. V *Menu* také najdeme omezení pohybu robota, které je předdefinováno na maximální rozsahy jednotlivých servomotorů. Dále se v *Menu* pracuje s Joby a s přednastavenými funkcemi. Work Home (domovská



pozice) se také nastavuje pomocí klávesy *Menu*. Samotný pohyb robota se provádí kláves *R+*, *R-*, *J1/X*, *-J1/X*, *J2/Y*, *J2/Y*, *Z* a *-Z*. Před jakýmkoli pohybem robota je nutné spustit serva a držet „tlačítko mrtvého muže“ (DeadMan). Serva se spouští klávesou *SERVO*. Pokud „tlačítko mrtvého muže“ při pohybu robota pustíme nebo naopak domáčkujeme, robot okamžitě reaguje, jako kdyby byl stisknut *Central stop*. Klávesy pro pohyb se využívají podle typu dopočítávání poloh. První variantou je pohyb podle kartézského souřadného systému, kdy se poloha dopočítává od paty robota. Druhou variantou řízení je natočení jednotlivých serv. Třetí varianta je přímé zadání souřadnic v kartézském systému. Robot po stisku *Go robot* na tento bod dojde. Poslední variantou je tzv. přírůstková metoda. Jedná se o dopočítávání polohy od posledního naprogramovaného bodu. Klávesou *JOG SPEED* se nastavuje rychlost posuvu. Jsou k dispozici tři možnosti nastavení: Low, Middle, Hight. Toto nastavení platí pouze pro simulaci. Další důležitá klávesa je *MONITOR*, ve kterém je možnost sledování externích vstupů a výstupů. Dále je možno přes tuto klávesu spouštět kontrolu dat (Check Data) a spouštět vlastní programy. Toto jsou základní klávesy a postupy k nastavení robota. Při spuštění nového programu se jako první nastavuje tzv. Bod nula (Work Home). Potom už probíhá vlastní programování.

## 5.4 Příklad - Paletkování



Obr. 24 - Příklad 2 Paletkování

Paletkování je umístění součástí do předem připraveného přípravku (paletky). Na obrázku vidíme schematické zobrazení polohy robota, součásti a paletky. Programování bylo provedeno pomocí TP. Využita byla předdefinovaná paleta funkcí *Pallet Command*, která obsahuje příkazy *loopPallet*, *resPallet*, *incPallet*. Příkaz *LoopPallet* postupně dopočítává body nad paletkou a postupně inkrementuje pozici v paletce. *ResPallet* vynuluje pozici, ve které se nachází a nastaví ji na začátek. *IncPallet* je inkrementace čísla vnitřní proměnné. Využití *loopPallet* a *incPallet* je podobné, s tím rozdílem, že u přímé inkrementace se dopočítává ručně zatímco *loopPallet* toto řeší automaticky. Aby se vůbec dalo pracovat s těmito příkazy, musí se předdefinovat rozměr a počet paletek. To se definuje přes *Pallet Routine List*. Po založení nové paletky se zadává počet řad a sloupců. První je zadání sloupců (Rows), v tomto případě 4. Poté se zadávají řady (Columns), pro tento případ 6. Důležité je přesně zadat rozměr a to prvním počátečním bodem paletky (P0). Další bod definuje posun v ose sloupců (Pa). Pro tento případ je to posun v ose Y. Poslední rozměr pro dopočítání paletky je posun v ose X. Nyní je paletka nadefinovaná a je možno používat *Pallet Command*. První programovaný bod je pro odběr součástek. Tento bod musí být přesně nadefinován, aby docházelo k rychlému a přesnému odebírání součástek. Bod se nastavuje jako PTP, najede nad součást a poté sjede dolů a odebere ji. K tomu je potřeba svěrných pneumatických čelistí - externí výstup, na který se musí čekat. Tento výstup se nastavuje pomocí klávesy *Monitor*. Z toho důvodu je vytvořen jednoduchý JOB. Jedná se o jednoduchý kód. Po sjetí nad součást jen sepne čelisti pomocí výstupu, který je definovaný na portu 2. Příkaz, který toto ovládá je *set #genOut 2*. Čelisti se rozdělují na dva typy. První typ jsou dvoupolohové a druhý typ jsou samosvěrné. V druhém případě by místo *set* byl příkaz *reset*. Dalším důležitým příkazem je *delay*. Jedná se o příkaz na vyčkání, aby při převzetí byla součástka dobře uchycena a stihly se zavřít čelisti. Takto jednoduchý JOB se uloží a v bodě odběru součástek se nastaví na pozici *Point Job Number*. Tím se nastaví bod pro odběr. K paletkování je však nutný ještě jeden bod. Jedná se o bod počátku paletky. V tomto bodu je důležité nastavit, o jakou paletku se jedná. To se provádí pomocí příkazu *Pallet Routine No*. Zde se zadává námi vytvořená paletka. Díky tomu robot pozná, v jaké paletce se pohybuje. Aby dokázal postupně dávat součástky do paletek, je potřeba ještě zavést JOB, který toto bude dopočítávat. V tomto programu je použit *loopPalet*. V tomto bodě je najetí nad určenou paletku, poté otevření čelistí a tím umístění součástky. Prvním příkazem v tomto JOBu bude *loopPallet 1,1*. První jednička značí číslo určené paletky, druhá je pozice, od které má

začít paletkování. V další části programu je zadána podmínka. Když robot dojede nakonec, aby odjel do dalšího bodu. Je použit příkaz *if*. Na další řádek se píše podmínka, kterou je *ld #palletFlag(1)*. Jedná se o podmínku, kde se zjišťuje, zda se robot pohybuje na paletce. Jednička v příkazu odpovídá číslu, na jaké paletce se pohybuje. Proto není využit žádný příkaz *then*, ale čeká se, až nebude odpovídat *palletFlag*. Využívá se klasického příkazu *else*. Na dalším řádku po příkazu *else* se použije příkaz *goPoint PTP 3,1*. Číslo tři značí pozici cílového bodu robotu. Jednička určuje, s jakými podmínkami se má robot dostat do daného bodu. Jedná se o standardní přednastavení, ale je možné výjezdy a rychlosti upravit pomocí menu a vytvořit si vlastní podmínky. Aby podmínka *if* fungovala, je potřeba ji ukončit. Jedná se o příkaz *endIf*. Tímto je JOB pro bod na paletce vytvořený. Nyní se tento JOB zadá do bodu na pozici *Point Job Number*. Takto jednoduše se nastaví a provede paletkování. Dále je potřeba otestovat, zda je program funkční. Nejdříve je dobré si program uložit do paměti robota za pomoci klávesa *SAVE*. Pokud se to neprovede, při následním vypnutí by programy nebyly uloženy. Průběžně jsou totiž ukládány do mezipaměti, která se po vypnutí vymaže. Poté pomocí klávesy *MONITOR* provedeme zkontrolování programu. Po této kontrole, která ve většině případů vyjde v pořádku, se spustí samotný program. Před spuštěním je potřeba pustit serva přes klávesu *SERVO*, a poté jen držet „tlačítko mrtvého muže“.

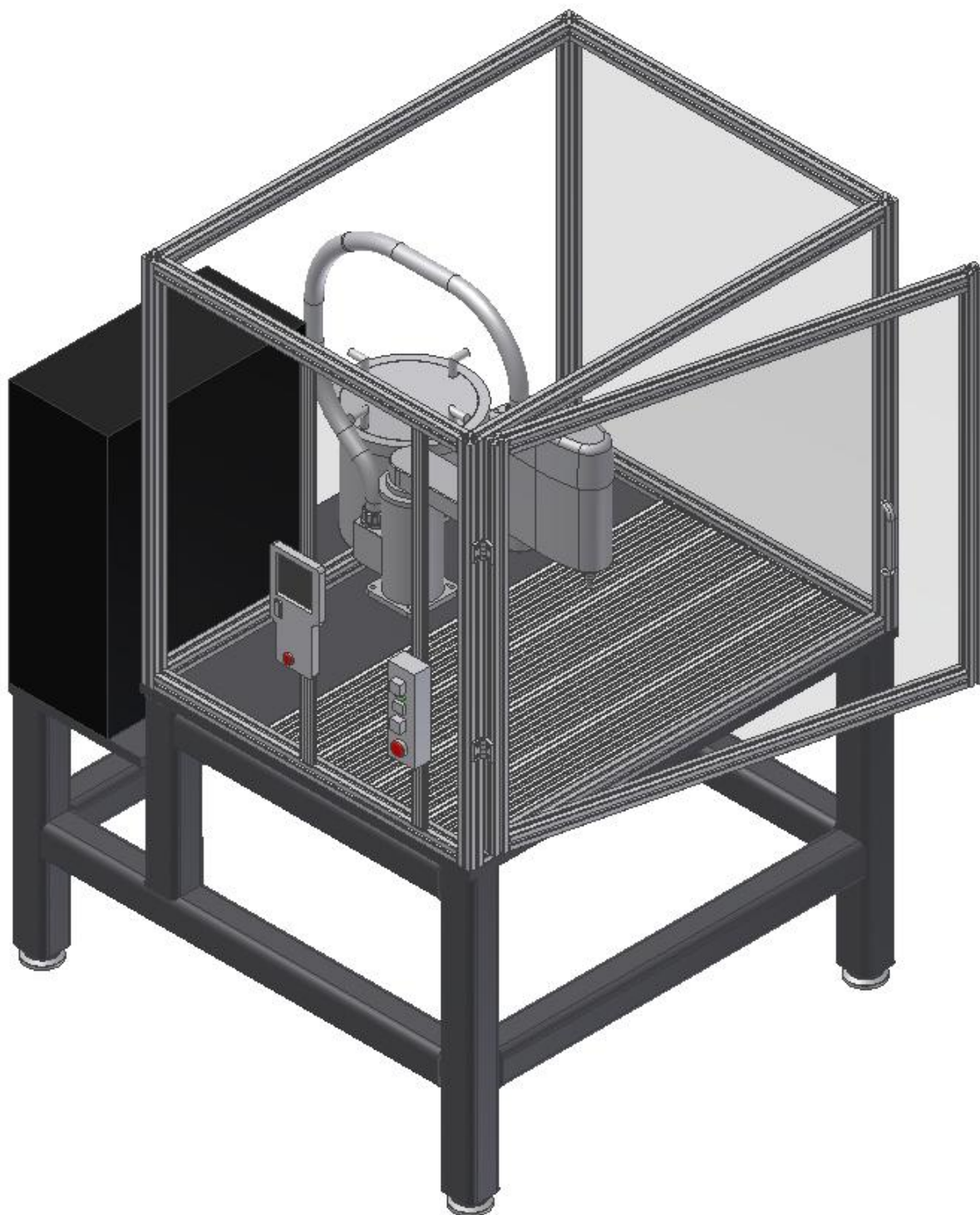
## **Závěr**

Výsledkem této práce jsou 3 návrhy bezpečnostních robotických stanovišť pro Scara Janome roboty. Všechny 3 buňky jsou přizpůsobeny pro dispensingové aplikace. Vyřešil jsem možnosti zakládání výrobků, dále jsem navrhl dobrý přístup k nádržím pro dispenzní materiály a samozřejmě bezpečnost, která je vždy na prvním místě. Z výkresu konkrétního výrobku jsem vytvořil funkční program pro dispenzing řešený v C-Points for Dispensing. Nejtěžší bylo dopočítávání cílových bodů robota, které se ukázalo jako základ pro programování robotů. Dále jsem vytvořil program pro paletkování vytvořený přímo na Teach pendantu. Zde bylo nejdůležitější nejprve robotu dát informace o rozměrech paletky a dále vytvořit JOBy, které s touto paletkou pracují. Tyto programy jsem přímo vyzkoušel na reálném Scara robotu Janome JS550. Možné rozšíření této práce by mohlo spočívat v připojení kamerového systému k externím vstupům robota a tím řešit, jak trajektorii pohybu dávkovací dispenzní pistole, tak i pozice součástí v paletce. Tato práce mi rozšířila vědomosti v 3D modelování, programování robotů a jejich praktické využití. Dále jsem získal zkušenosti s návrhem bezpečnostních buněk pro roboty.

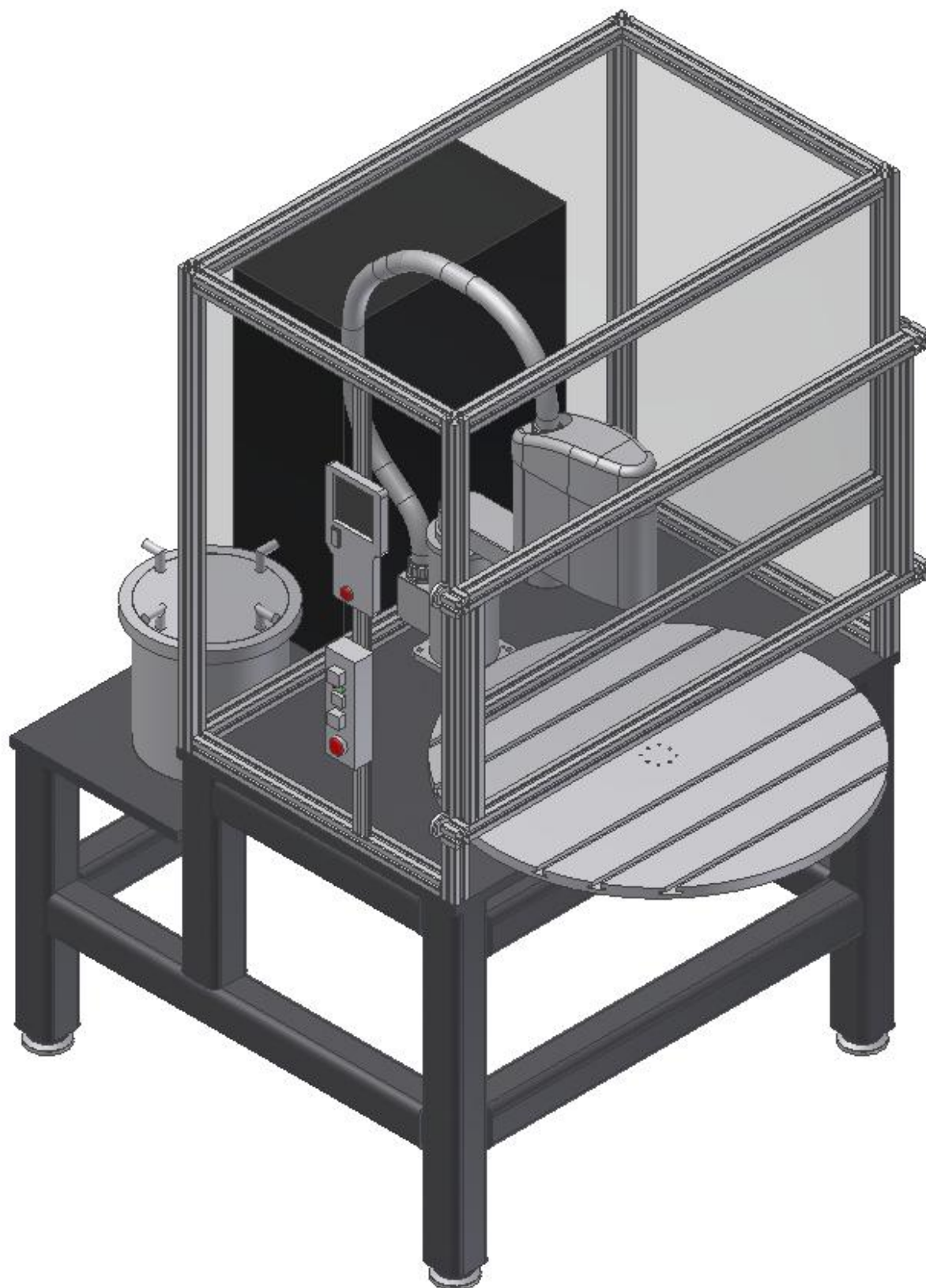
### Seznam použité literatury

- [1] *Janome* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. Janome - JS Scara Roboty. Dostupné z WWW: <<http://janome.exactec.com/index.php/scara-roboty/js-scara-roboty>>.
- [2] *Janome* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. Janome - JSR Scara Roboty. Dostupné z WWW: <<http://janome.exactec.com/index.php/scara-roboty/jsr-scara-roboty>>.
- [3] *Janome* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. Janome - Deskop roboty. Dostupné z WWW: <<http://janome.exactec.com/index.php/jr-desktop-roboty>>.
- [4] *Janome* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. Janome - Elektrolisy. Dostupné z WWW: <<http://janome.exactec.com/index.php/elektrolisy>>.
- [5] *DAVtech* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. DAVtech - Tlakové nádrže a pumpy. Dostupné z WWW: <<http://davtech.exactec.com/index.php/produkty/tlakove-nadre-a-pumpy>>.
- [6] *DAVtech* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. DAVtech - Dávkovací ventily. Dostupné z WWW: <<http://davtech.exactec.com/index.php/produkty/davkovaci-ventily>>.
- [7] *DAVtech* [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. DAVtech - Dávkovače. Dostupné z WWW: <<http://davtech.exactec.com/index.php/produkty/davkovae>>.
- [8] *Manual Linear Transfer System* [online]. Switzerland : Afag, 2011 [cit. 2011-05-15]. Dostupné z WWW: [http://www.afag.com/fileadmin/user\\_upload/afag/LTS/PDF-Files/LTS-Handbuch\\_manual.pdf](http://www.afag.com/fileadmin/user_upload/afag/LTS/PDF-Files/LTS-Handbuch_manual.pdf)
1. Alváris [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. Alváris - Profilová řada 8. Dostupné z WWW: <<http://www.alvaris.eu/default.asp?mid=14&tid=7&serieid=3&lid=3>>.
2. Afag Rotary Modules [online]. Switzerland : Afag, 2010 [cit. 2011-05-14]. Dostupné z WWW: <[http://www.afag.com/fileadmin/user\\_upload/afag/Handlingmodule\\_pneumatisch/PDF-Files/OI\\_CR12\\_CR16\\_CR20.pdf](http://www.afag.com/fileadmin/user_upload/afag/Handlingmodule_pneumatisch/PDF-Files/OI_CR12_CR16_CR20.pdf)>
3. Metodika zpracování diplomových, bakalářských a vědeckých prací na FM TUL [online]. Prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D., Ing. Jindra Drábková, Ph.D.. Liberec : TUL, 2007 [cit. 2011-05-14]. Dostupné z WWW: <[https://www.ite.tul.cz/ite/images/data/edu/jak\\_psat\\_dp.pdf](https://www.ite.tul.cz/ite/images/data/edu/jak_psat_dp.pdf)>.
4. Citace 2.0 [online]. 2011 [cit. 2011-05-15]. Citace 2.0 - vše o citování literatury a dokumentů. Dostupné z WWW: <<http://citace.com/>>.

## Příloha A – buňka s přípravkem pro ruční zakládání



## **Příloha B – buňka s otočným (kivným) přípravkem**





## Příloha C – buňka pro práci v montážní lince





## Příloha D – příkazy pro programování JOBů

|              |             |               |            |              |
|--------------|-------------|---------------|------------|--------------|
| set          | ld          | Label         | *****      | setProgNum   |
| reset        | ldi         | callJob       | *****      | setSeqNum    |
| pulse        | and         | returnJob     | *****      | -----        |
| invPulse     | ani         | callProg      | *****      | cameraWadj   |
| delaySet     | or          | endProg       | *****      | wCameraWadj  |
| delayReset   | ori         | callPoints    | clrLCD     | cameraTool   |
| onoffBZ      | anb         | returnFunc    | clrLineLCD | cameraPallet |
| dataOut      | orb         | -----         | outLCD     | takeZWadj    |
| dataOutBCD   | -----       | for           | -----      | -----        |
| motorPowerON | delay       | next          | outCOM     |              |
| servoON      | dataIn      | exitFor       | ecoutCOM   |              |
| servoOFF     | dataInBCD   | do            | setWTCOM   |              |
| *****        | waitStart   | loop          | inCOM      |              |
| *****        | waitStartBZ | exitDo        | cmpCOM     |              |
| -----        | -----       | -----         | ecmpCOM    |              |
| if           | loopPallet  | upZ           | clrCOM     |              |
| then         | resPallet   | downZ         | shiftCOM   |              |
| else         | incPallet   | movetoZ       | stopPC     |              |
| endIf        | -----       | lineMove      | startPC    |              |
| waitCondTime | callBase    | lineMoveStopI | -----      |              |
| timeUp       | goPoint     | endLineMove   | declare    |              |
| endWait      | goRPoint    | *****         | let        |              |
| waitCond     | goCRPoint   | *****         | rem        |              |
| -----        | jump        | -----         | crem       |              |

## Příloha E – příklad program v C-Points for Dispensing

[illegible]

## Příloha F – Teaching pendant



|                                  |                                     |          |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------|
| <b>F.0</b> ——— Function 0 Key    | <b>←J1/X+</b> ——— X Left Key        | JOG KEYS |
| <b>F.1</b> ——— Function 1 Key    | <b>J1/X→</b> ——— X Right Key        |          |
| <b>F.2</b> ——— Function 2 Key    | <b>↑J2/Y-</b> ——— Y Up Key          |          |
| <b>F.3</b> ——— Function 3 Key    | <b>J2/Y+↓</b> ——— Y Down Key        |          |
| <b>F.4</b> ——— Function 4 Key    | <b>↑Z</b> ——— Z Up Key              |          |
| <b>T.ENV</b> ——— T. ENV Key      | <b>↓Z</b> ——— Z Down Key            |          |
| <b>MONITOR</b> ——— MONITOR Key   | <b>R+</b> ——— R Plus Key            |          |
| <b>PRG.NO</b> ——— PROGRAM NO Key | <b>R-</b> ——— R Minus Key           |          |
| <b>SAVE</b> ——— SAVE Key         |                                     |          |
| <b>J.ENTR</b> ——— J. ENTER Key   |                                     |          |
| <b>SERVO</b> ——— SERVO Key       | <b>SHIFT</b> ——— SHIFT Key          |          |
| <b>GO</b> ——— GO Key             | <b>CTRL</b> ——— CONTROL Key         |          |
| <b>JOG SPEED</b> — JOG SPEED Key | <b>EDIT</b> ——— EDIT Key            |          |
|                                  | <b>MENU</b> ——— MENU Key            |          |
|                                  | <b>ESC</b> ——— ESCAPE Key           |          |
|                                  | <b>DEL</b> ——— DELETE Key           |          |
|                                  | <b>CLEAR</b> ——— CLEAR Key          |          |
|                                  | <b>ENTR</b> ——— ENTER Key           |          |
|                                  | <b>CURSOR←</b> ——— CURSOR Left Key  |          |
|                                  | <b>CURSOR→</b> ——— CURSOR Right Key |          |
|                                  | <b>CURSOR↑</b> ——— CURSOR Up Key    |          |
|                                  | <b>CURSOR↓</b> ——— CURSOR Down Key  |          |

|                               |                    |
|-------------------------------|--------------------|
| <b>0 - 9</b> ——— Numeric Keys | NUMERIC ENTRY KEYS |
| <b>±</b> ——— Plus/Minus Key   |                    |
| <b>.</b> ——— Decimal Key      |                    |

## Příloha G – Panel pro spouštění v automatickém módu



## **Příloha H – přiložené CD**

Příložený CD obsahuje:

- Bakalářskou práci v elektronické podobě
- Modely jednotlivých stanovišť se všemi součástmi kreslené v Inventoru
- Program příkladu udělaný v C-Points for Dispensing